妊娠后期代谢能水平对绒山羊血浆生殖激素浓度、初乳产量及乳成分的影响

李 康[1] 郭天龙[2*] 金 海[2] 高爱琴[1]

（1.内蒙古农业大学动物科学学院，呼和浩特 010010；2.内蒙古农牧业科学院动物营养与饲料研究所，呼和浩特 010031）

摘 要：本试验旨在研究妊娠后期饲粮代谢能水平对母羊增重、血浆生殖激素浓度、初乳产量、初乳乳成分及羔羊初乳期生长的影响。选用 18 只体重（39.75±2.86） kg、年龄 3～4 岁，处于妊娠 91 d 的内蒙古白绒山羊，随机分为 3 组，每组 6 只。根据 NRC 制订基础饲粮，各组饲粮代谢能分别为 7.70（基础饲粮的 70%）、11.00（基础饲粮，对照组）、14.30 MJ/kg（基础饲粮的 130%）。预试期为妊娠 91~100 d，正试期为妊娠 101 d 至产后第 5 天。结果表明：1）14.30 MJ/kg 饲粮代谢能可显著提高妊娠后期血浆雌二醇（E2）浓度平均值、妊娠后期母羊体增重、产后第 1~4 天初乳乳蛋白含量及初乳期羔羊平均日增重（$P<0.05$）；母羊饲粮代谢能水平对母羊血浆孕酮（P4）及催乳素（PRL）浓度、初乳乳脂含量（产后第 4 天除外）、羔羊初生重影响不显著（$P>0.05$）。2）7.70 MJ/kg 饲粮代谢能可降低妊娠后期母羊血浆 E2、P4 及 PRL 浓度平均值，妊娠后期母羊体增重，羔羊初生重，初乳产量（产后第 5 天除外），初乳乳蛋白含量（产后第 1、3 天除外），初乳期羔羊平均日增重，但影响不显著（$P>0.05$），显著降低初乳乳脂含量（产后第 3 天除外）。因此，饲粮代谢能为 14.30 MJ/kg 更适合妊娠后期母羊，为应对饲草料不足可以以代谢能为 7.70 MJ/kg 的饲粮限饲。

关键词：代谢能；妊娠后期；生殖激素；初乳

中图分类号：S826

内蒙古属干旱、半干旱的温带大陆性气候，冬季寒冷、多风，“白灾”频发引起饲草料供应受限。而此时母羊正处于妊娠后期，极易因饲草料不足导致妊娠期营养不良、掉膘、弱羔甚至流产[1]。调查发现，“白灾”是影响内蒙古畜牧生产的重要因素。不同的营养摄入必然会影响生产性能的发挥[2]。营养受限时，母体会根据受限程度动员自身储备以保证胎儿发育，但这可能导致产后母羊体弱、泌乳少，进而阻碍羔羊的健康和生长发育。因此研究妊娠后期饲粮代谢能水平对母羊及羔羊的影响，可为抗灾保畜提供理论依据。

收稿日期：2017-12-04

作者简介：李 康（1991-），男，山西介休人，硕士研究生，研究方向为动物安全生产与管理。E-mail: 13947110359@163.com

*通信作者：郭天龙，副研究员，E-mail: guotianlong831@163.com

本试验通过研究高和低代谢能水平饲粮对妊娠后期母羊体重，血浆雌二醇（estradiol,E2）、孕酮（progesterone,P4）和催乳素（prolactin,PRL）浓度，初乳产量，初乳乳成分及羔羊初乳期生长的影响，旨在探索妊娠后期高能饲粮的增产效果及为应对饲草料不足可采取的限饲水平，为生产中内蒙古白绒山羊妊娠后期的饲养提出合理建议。

1 材料与方法

1.1 试验饲粮设计

根据 NRC 体重 35 kg、日增重 51 g，预期产单羔、羔羊初生重 3.1 kg 的母羊营养需要量配制基础饲粮，根据基础饲粮代谢能水平的 130%和 70%配制 2 种试验饲粮饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Test group 1	试验 2 组 Test group 2
原料 Ingredients			
玉米 Corn	14.875	56.911	10.500
干酒糟及其可溶物 DDGS	2.473	0.678	0.095
豆粕 Soybean meal	0.728	0.678	2.100
棉籽粕 Cottonseed meal	0.728	0.678	10.021
预混料 Premix	0.728	0.678	1.050
石粉 Limestone		0.678	
食盐 NaCl	0.437	0.407	0.630
青干草 Green hay	69.862	33.875	52.502
苜蓿干草 Alfalfa hay	10.188	5.420	23.101
合计 Total	100.000	100.000	100.000
营养水平 Nutrient levels			
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.00	14.30	7.70
粗蛋白质 CP	9.12	8.45	13.13
钙 Ca	0.41	0.45	0.54
总磷 TP	0.22	0.24	0.29
中性洗涤纤维 NDF	32.58	26.46	35.27
酸性洗涤纤维 ADF	16.03	15.49	20.33
干物质 DM	90.33	86.53	89.87

代谢能为计算值，其余为实测值。ME was a calculated value，　while the others were measured values.

1.2 试验动物与分组

配种期根据公母混群时间及 B 超检查确定妊娠时间并记录，做为选取试验动物的依据。试验前将原圈舍杂物清理干净并用 NaOH 溶液喷雾消毒。选择 18 只 3～4 岁、体重（39.75±2.86） kg，妊娠 91 d 左右的内蒙古白绒山羊，随机分为 3 个组，每组 6 只。对照组饲喂基础饲粮，代谢能为 11.00 MJ/kg；试验 1 组饲喂代谢能为基础饲粮 130%的试验饲粮，代谢能为 14.30 MJ/kg；试验 2

组饲喂代谢能为基础饲粮 70%的试验饲粮，代谢能为 7.70 MJ/kg。

单栏饲养。试验前饲养方式为舍饲，饲粮组成为混合牧草加玉米颗粒补饲。试验羊从妊娠 91 d 开始用试验饲粮预饲 10 天，第 11 天 07:00 空腹称重后开始正试期。正试期每天饲喂 3 次（07:00、12:00 及 17:00）。表 2 为试验期间每只羊的饲喂量。试验羊自由饮水，圈舍定时消毒。试验期为 2015 年 12 月—2016 年 3 月 2 日。

表 2　各组每只羊饲喂量

Table 2　Feeding amount of goats in each group　　kg/d

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Test group 1	试验 2 组 Test group 2
饲喂量 Feeding amount	1.37	1.48	0.952

1.3　测定指标及方法

1.3.1　母羊生殖激素测定

正试期第 1（妊娠 101 d）、11（妊娠 111 d）、21（妊娠 121 d）、31（妊娠 131 d）、41 天（妊娠 141 d）清晨空腹颈静脉采血 5 mL 于柠檬酸钠抗凝管，采样结束后血样在 3 000 r/min 条件下离心 5 min，血浆分装于无菌离心管中，-40 ℃保存备用。用放射免疫法测定 E2、P4 及 PRL 浓度，每个样品取 200 μL 测定，标记抗原分别为 ^{125}I-E2、^{125}I-P4 及 ^{125}I-PRL。所用试剂盒由北京华英生物技术研究所提供。

1.3.2　母羊及羔羊体重测定

正试期第 1 天、分娩前及产后分别对母羊空腹称重，羔羊出生后记录初生重，5 日龄时记录羔羊体重。

1.3.3　初乳产量及乳成分测定

母羊产后第 1～5 天，将母羊与羔羊分开，每天分 3 次（08:00、14:00 及 20:00）哺乳羔羊，哺乳前后分别称量羔羊体重，每次哺乳结束后人工尽量挤尽乳汁并收集称量，以 3 次哺乳前后的体重差与人工挤奶量之和作为初乳产量。分别在每天 08：00、14：00、20：00 采集乳样，每次采样 8 mL，将每天 3 次采集的样品混匀后为当天的乳样。用凯氏定氮法测定乳蛋白含量，参考 GB54133-2010 方法测定乳脂含量。

1.4　数据统计与分析

试验数据用 Excel 2003 初步统计，用 SAS 9.0 进行单因素方差分析，用 Duncan 氏法进行多重比较。数据结果以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 饲粮代谢能水平对母羊血浆生殖激素浓度的影响

由表 3 可知，第 1 天时试验 1 组血浆 E2 浓度略低于对照组（$P>0.05$），之后均高于对照组，其中第 21 天差异显著（$P<0.05$）。试验 1 组母羊各时间点血浆 E2 浓度均高于试验 2 组，其中第 21 天差异显著（$P<0.05$）；整个试验期内，试验 1 组母羊血浆 E2 浓度平均值显著高于对照组与试验 2 组（$P<0.05$），试验 2 组低于对照组，但差异不显著（$P>0.05$）。随着时间的延长，对照组和试验 2 组在妊娠最后 20 天血浆 E2 浓度呈增加趋势，而试验 1 组母羊整个试验期总体呈增加趋势。

表 3 饲粮代谢能水平对母羊血浆 E2 浓度的影响

Table 3 Effects of dietary metabolic energy level on plasma E2 concentration of ewes pg/mL

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Test group 1	试验 2 组 Test group 2
第 1 天 Day 1	15.79±2.82	15.41±2.46	12.51±7.16
第 11 天 Day 11	12.08±1.71	16.39±3.06	12.38±4.46
第 21 天 Day 21	11.90±0.26^{b}	18.12±3.15^{a}	11.48±4.76^{b}
第 31 天 Day 31	14.43±2.98	17.00±4.57	15.11±1.12
第 41 天 Day 41	17.37±3.28	21.82±10.48	16.18±0.13
平均值 Average value	14.31±2.36^{b}	17.75±2.48^{a}	13.53±2.00^{b}

同行数据肩标相同或无字母表示差异不显著($P>0.05$)，不同字母表示差异显著($P<0.05$)。表 4、表 5、表 6、表 8 同。

In the same row, values with the same letter or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as Table 4, Table 5, Table 6 and Table 8.

由表 4 可知，各组各时间点间的血浆 P4 浓度差异不显著（$P>0.05$），试验 1 组和对照组接近，试验 2 组略低。整个试验期，试验 1 组母羊血浆 P4 浓度平均值与对照组接近，试验 2 组略低，各组间差异不显著（$P>0.05$）。随着时间的延长，母羊血浆 P4 浓度呈现缓慢的下降趋势。

比较表 3、表 4 数据发现，随着妊娠时间的延长，血浆 P4 浓度总体下降，血浆 E2 浓度总体升高，二者比值下降，试验 1 组低于其他 2 组。相关性分析结果表明，母羊血浆 E2 与 P4 浓度呈负相关，对照组、试验 1 组及试验 2 组相关系数(r^2)分别为-0.23、-0.79 及-0.85，其中试验 1 组和试验 2 组呈强负相关。

表 4 饲粮代谢能水平对母羊血浆 P4 浓度的影响

Table 4 Effects of dietary metabolic energy level on plasma P4 concentration of ewes ng/mL

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Test group 1	试验 2 组 Test group 2

第 1 天 Day 1	0.38±0.20	0.39±0.26	0.30±0.03
第 11 天 Day 11	0.37±0.18	0.36±0.18	0.28±0.22
第 21 天 Day 21	0.25±0.14	0.29±0.03	0.27±0.18
第 31 天 Day 31	0.24±0.11	0.25±0.16	0.25±0.04
第 41 天 Day 41	0.23±0.05	0.23±0.04	0.19±0.08
平均值 Average value	0.29±0.07	0.30±0.07	0.26±0.04

由表 5 可知，随着时间的延长，3 组血浆 PRL 浓度整体变化趋势均为先下降后升高；第 21 天时试验 1 组血浆 PRL 浓度低于对照组和试验 2 组，之后试验 1 组上升速度高于其他 2 组；第 11 天时，试验 2 组出现最低值，之后变化趋势与对照组相似，浓度较对照组低。整个试验期内，试验 1 组母羊血浆 PRL 浓度平均值高于对照组与试验 2 组，试验 2 组低于对照组，各组间差异不显著（P＞0.05）。

表 5 饲粮代谢能水平对母羊血浆 PRL 浓度的影响

Table 5 Effects of dietary metabolic energy level on plasma PRL concentration of ewes μIU/mL

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Test group 1	试验 2 组 Test group 2
第 1 天 Day 1	182.46±34.43	188.12±35.96	181.80±27.37
第 11 天 Day 11	182.69±27.06^{ab}	198.43±27.84^{a}	132.50±45.05^{b}
第 21 天 Day 21	166.95±59.34	159.57±30.92	169.14±33.33
第 31 天 Day 31	179.86±48.64	210.94±39.49	170.27±11.69
第 41 天 Day 41	244.00±16.42	263.69±10.08	238.59±50.45
平均值 Average value	191.19±30.22	204.15±38.30	178.46±38.38

2.2 饲粮代谢能水平对母羊妊娠后期增重、产羔情况的影响

由表 6 可知，对照组妊娠后期母羊体增重居中，与最低的试验 2 组差异不显著（P＞0.05），而显著低于试验 1 组（P＜0.05）。各组母羊产羔数相同，羔羊均成活。比较各组试验初始与产后母羊体重可发现，对照组及试验 2 组母羊自身体重减轻，减少量分别为 1.46、1.67 kg，而试验 1 组母羊自身体重增加了 1.35 kg。

表 6 饲粮代谢能水平对母羊妊娠后期增重、产羔情况的影响

Table 6 Effects of dietary metabolic energy level on body weight gain and lambing status of ewes

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Test group 1	试验 2 组 Test group 2
母羊体重 Ewes' body weight/kg			
初始 Initial	38.72±1.24	41.20±1.52	40.03±1.57
产前 Before delivery	41.91±2.87	47.83±2.24	42.19±3.14
产后 After delivery	37.26±2.20^{b}	42.55±4.15^{a}	38.36±3.10^{ab}
妊娠后期母羊体增重 Ewes' body weight gain during later pregnancy/kg	3.19±0.71^{b}	6.63±0.89^{a}	2.16±0.65^{b}
产羔数 Numbers of lambs	6	6	6
羔羊成活率 Survival rate of lambs/%	100	100	100

2.3 饲粮代谢能水平对母羊初乳产量及乳成分的影响

由表 7 可知，各时间点母羊初乳产量从高到低依次为试验 1 组、对照组及试验 2 组。第 1 天及第 4 天 3 组间差异不显著（P>0.05）。第 2 天试验 1 组显著高于对照组与试验 2 组（P<0.05），对照组与试验 2 组差异不显著（P>0.05）；第 3 天试验 1 组及试验 2 组的泌乳量与对照组差异不显著（P>0.05），试验 1 组显著高于试验 2 组（P<0.05）；第 5 天各组间差异均显著（P<0.05）。

初乳乳脂含量在产后呈现“下降-上升-下降”的趋势。对照组和试验 1 组第 1、2 天显著高于试验 2 组（P<0.05）；第 3 天试验 1 组高于对照组（P>0.05）、显著高于试验 2 组（P<0.05）；第 4 天从高到底依次为试验 1 组、对照组、试验 2 组，组间差异极显著（P<0.01）；第 5 天试验 1 组和对照组显著高于试验 2 组（P<0.05）。

初乳乳蛋白含量随时间呈现下降趋势，第 1～2 天下降较快，之后较缓。从产后第 1~4 天试验 1 组初乳乳蛋白含量均极显著高于对照组和试验 2 组（P<0.01），产后第 5 天试验 1 组显著高于试验 2 组（P<0.01）。产后第 1、3 天对照组初乳乳蛋白含量显著高于试验 2 组（P<0.01）。

表 7 饲粮代谢能水平对初乳产量及乳成分的影响

Table 7 Effects of dietary metabolic energy level on colostrum yield and milk composition

项目 Items		第 1 天 Day 1	第 2 天 Day 2	第 3 天 Day 3	第 4 天 Day 4	第 5 天 Day 5
初乳产量 Colostrum yield/(kg/d)	对照组 Control group	0.31±0.18	0.50±0.05^{b}	0.65±0.09^{ab}	0.67±0.15	0.79±0.07^{a}
	试验 1 组 Test group 1	0.41±0.11	0.66±0.06^{a}	0.73±0.04^{a}	0.82±0.06	0.94±0.10^{b}
	试验 2 组 Test group 2	0.27±0.24	0.56±0.01^{b}	0.53±0.05^{b}	0.64±0.03	0.65±0.06^{c}
乳脂含量 Milk fat content/%	对照组 Control group	5.87±0.35^{a}	4.92±0.28^{a}	5.43±0.47^{ab}	5.53±0.31^{b}	4.87±0.38^{a}
	试验 1 组 Test group 1	6.46±0.49^{a}	5.47±0.41^{a}	5.82±0.58^{a}	6.25±0.35^{a}	5.33±0.33^{a}
	试验 2 组 Test group 2	4.97±0.37^{b}	4.18±0.39^{b}	4.65±0.27^{b}	3.91±0.36^{c}	3.52±0.34^{b}
乳蛋白含量 Milk protein content/%	对照组 Control group	15.66±0.83^{b}	6.37±0.37^{b}	4.94±0.51^{b}	3.97±0.39^{b}	3.58±0.37^{ab}
	试验 1 组 Test group 1	17.35±0.95^{a}	10.84±0.59^{a}	7.59±0.37^{a}	5.46±0.48^{a}	3.92±0.39^{a}
	试验 2 组 Test group 2	12.76±0.64^{c}	5.96±0.35^{b}	3.95±0.48^{c}	3.32±0.40^{b}	2.98±0.41^{b}

同列数据肩标相同或无字母表示差异不显著(P>0.05)，不同字母表示差异显著(P<0.05)。

In the same column, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different letter superscripts mean significant difference (P<0.05).

2.4 母羊饲粮代谢能水平对初乳期羔羊体重的影响

由表 8 可知，试验 1 组羔羊初生重高于对照组（P>0.05）和试验 2 组（P<0.05），对照组高于试验 2 组(P>0.05)；试验 1 组初乳期羔羊平均日增重显著高于对照组与试验 2 组(P<0.05)，试验 2 组低于对照组但差异不显著（P>0.05）。

表 8 母羊饲粮代谢能水平对初乳期羔羊体重的影响

Table 8 Effects of ewes' dietary metabolic energy level on lambs' body weight during colostrum period

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Test group 1	试验 2 组 Test group 2
羔羊初生重 Birth weight of lambs/kg	2.93±0.31^{ab}	3.18±0.22^{a}	2.58±0.33^{b}
初乳期羔羊平均日增重 Lambs' ADG during colostrum period/（g/d）	117.33±27.39^{b}	159.36±5.70^{a}	115.60±21.81^{b}

3 讨 论

3.1 不同代谢能水平饲粮对母羊妊娠后期生殖激素的影响

3.1.1 血浆 E2 浓度

胎盘分泌的雌激素既能促进子宫肌的增厚和乳腺的发育，又能产生前列腺素来增加子宫与胎盘之间的血流以促进胎儿的生长。试验 1 组母羊妊娠后期血浆 E2 浓度高于对照组与试验 2 组，更有利于母羊的妊娠和胎儿的发育，血浆 E2 浓度的变化趋势与徐睿[4]对建昌黑山羊以及孙晓静[5]对奶牛的研究结果一致。

3.1.2 血浆 P4 浓度

P4 是甾体类激素，主要由黄体细胞分泌，卵泡内膜细胞和妊娠时的胎盘也可少量分泌[6-7]，非灵长类妊娠晚期通过孕激素撤退机制启动分娩过程[8]。山羊等动物整个妊娠期的维持都主要依赖于妊娠黄体分泌的 P4。本试验中，试验 1 组母羊妊娠后期血浆 P4 浓度整体上高于其他 2 组，利于子宫保持静息状态，这表明较高的饲粮代谢能有助于母羊妊娠后期的维持。本试验中，血浆 P4 浓度自妊娠 91 d 开始呈下降趋势，与徐睿[4]对建昌黑山羊以及姚路连[9]对奶牛的研究结果一致，与王应安等[10]对青海毛肉兼用半细毛羊的研究结果略有差异，原因可能是品种间的差异、或者是采血间隔比神经中枢对激素分泌调控的作用时间长，下一步研究应在不引起应激的情况下适当缩短采血间隔以获得更详尽的资料。

3.1.3 血浆 PRL 浓度

在妊娠期，PRL 与 E2、P4 共同作用维持乳腺腺泡系统的发育。但妊娠期 P4 抑制 PRL 的作用。本试验结果所示，对照组、试验 1 组、试验 2 组母羊在妊娠后期血浆 PRL 浓度上升，与姚路连[9]对奶牛、张晓鹰等[11]对辽宁绒山羊的研究结果一致，且整个妊娠后期试验 1 组母羊最高。在本试验的设计范围内，母羊血浆 PRL 的浓度未见显著差异，高代谢能水平的试验 1 组血浆 PRL 浓度较其他 2 组高。

3.1.4 综合影响

“下丘脑-垂体-性腺”轴是 E2 和 P4 的主要的体液调节途径；催乳素释放因子和催乳素抑制因子是 PRL 的主要的体液调节因子。体液调节主要是负反馈方式。小剂量的 PRL 会促进 E2、P4 的合成，大剂量的 PRL 通过负反馈调节可抑制 E2、P4 的合成与分泌，但本试验中血浆 E2、P4 浓度的变化趋势不同，可能是因为血浆中 PRL 浓度处于促进 E2 而抑制 P4 的水平。试验期内母羊血浆 PRL 浓度可能在神经调节作用下升高，但其泌乳作用被 P4 抑制，主要与 E2 和 P4 协同促进乳腺腺泡系统的发育，故 PRL 会在试验期内逐渐升高以促进母羊乳腺腺泡发育为泌乳准备。饲粮代谢能对母羊生殖相关激素影响的详细机理需对下丘脑、腺垂体等器官的生理变化及 *kiss*-1、G 蛋白耦联受体（*GPR*54）和 2 型脱碘酶基因（*Dio*2）等相关基因的表达做进一步研究[12]。

综上，适度增加饲粮代谢能水平对妊娠后期母羊有利，以代谢能需要量的 70%限饲对母羊影响较小。

3.2 妊娠后期不同饲粮代谢能水平对初乳乳成分变化的影响

初乳是指在分娩期或产后第 3～5 天乳腺产生的乳，对保证初生仔畜的健康生长具有重要意义。据王祥等[13]研究，奶牛初乳成分在产后第 1~5 天变化较大，第 5 天之后乳成分与常乳接近。马燕芬等[14]报道，牛初乳中乳脂含量在产后 48 h 内逐渐下降，48 h 至第 5 天逐渐上升，第 5 天后又开始下降，本试验结果与此研究结果类似，即初乳乳脂含量在产后第 1～2 天下降、第 2～4 天上升，第 4 天后开始下降；初乳中的乳蛋白质含量变化幅度较大，尤其是产后第 1～2 天，这是由于初乳中蛋白质主要是免疫球蛋白，其浓度在产后 24 h 内的降低。刘畅[15]研究了崂山奶山羊不同泌乳期乳成分及主要营养成分的变化规律，结果表明产后第 1 天乳中除乳糖外的各项主要营养成分均呈现出最高浓度，本试验的结果与此规律一致。

3.3 妊娠后期不同饲粮代谢能水平对母羊体重及羔羊增重的影响

妊娠后期胎儿的生长发育很快，此阶段母羊的能量求很高。高代谢能饲粮除了可以保证胎儿的生长需要之外，母羊体重也有增加，这一定程度上有利于缓解母羊产后食欲不佳、采食量小及消化功能减退等因素导致的初乳产量少及体况下降。妊娠后期及产后高代谢能饲粮能够增加初乳中乳蛋白及乳脂含量，促进了初乳阶段羔羊的生长。采食不同代谢能饲粮的母羊初乳对羔羊免疫功能的影响需作进一步研究。

4 结　论

结合内蒙古的自然环境及饲草料资源建议，冬季饲草料供应充足时为妊娠后期母羊提供 14.30

MJ/kg 或者更高代谢能的饲粮以保证其妊娠需要，并有利于羔羊初乳期生长。“白灾”等营养匮乏期提供代谢能为 7.70 MJ/kg 的饲粮也可维持母羊妊娠，且不会对羔羊初乳期生长造成太大不利影响，从而应对灾害、减少损失。

参考文献：

[1] 王宏博,阎萍,梁春年,等.甘南藏系绵羊饲养管理现状及发展对策[C]//第八届(2011)中国羊业发展大会论文集.简阳:中国畜牧业学会,2011:53–54.

[2] 霍小东,贾志海,张微,等.限饲对辽宁绒山羊生产性能及消化代谢的影响[J].营养饲料,2012,48(23):39–43.

[3] 李士栋.妊娠后期营养限制对蒙古绵羊生产性能及胎儿发育的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.

[4] 徐睿.建昌黑山羊繁殖期不同生殖激素变化规律的研究[J].黑龙江畜牧兽医,2015,58(13):119–121.

[5] 孙晓静.奶牛泌乳相关激素周期性变化规律及激素对乳腺外植体中基因表达的影响[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2014.

[6] 张森,谭建华.大鼠发情周期中主要生殖激素的变化[J].动物医学进展,2005,26(12):1–6.

[7] 王建辰,王光亚.生殖激素及其在兽医产科中的应用[M].北京:中国农业出版社,1990.

[8] 浩洪龙.山羊分娩期子宫颈的成熟软化与扩张机制的研究[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2007.

[9] 姚路连.奶牛围产期血清相关激素水平动态变化的研究[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2014.

[10] 王应安,张寿,张勤文,等.青海毛肉兼用半细毛羊妊娠期外周血液中孕酮和雌二醇含量的测定[J].中国草食动物,1999(3):8–9.

[11] 张晓鹰,郭丹,王洗清.辽宁绒山羊胚胎移植受体母羊生殖内分泌调控规律研究[J].现代畜牧兽医,2016(10):7–15.

[12] 田占伟.利用营养水平诱导新疆哈萨克绵羊产后发情激素变化规律及部分相关基因表达研究[D].硕士学位论文.石河子:石河子大学,2015.

[13] 王祥,张丹凤,陆东林.奶牛初乳产量的测定[J].新疆畜牧业,2001,17(2):14–15.

[14] 马燕芬,陈志伟,陈凯.牛初乳中常规成分及免疫球蛋白含量的测定[J].黑龙江畜牧兽医,2005(11):22–23.

[15] 刘畅.崂山奶山羊不同泌乳期乳的理化性质及热稳定性的研究[D].硕士学位论文.济南:齐鲁工业大学,2014.

Effects of Metabolic Energy Level during Later Pregnancy on Plasma Reproductive Hormone Concentrations, Yield and Milk Composition of Colostrum of Cashmere Goats

LI Kang[1] GUO Tianlong[2*] JIN Hai[2] GAO Aiqin[1]

（1. *Collage of Animal Science*, *Inner Mongolia Agriculture University*, *Hohhot* 010010， *China*; 2. *Institute of Animal Nutrition and Feed*, *Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences*, *Hohhot* 010031, *China*）

Abstract: This study researched the effects of dietary metabolic energy level during later pregnancy on body weight, plasma reproductive hormone concentrations, yield and milk composition of colostrum of ewes, and growth of their lambs during colostrum period. Eighteen Inner Mongolia white cashmere goats in later pregnancy (91 d), weighing (39.75 ± 2.86) kg and aged between 3 and 4 years, were randomly divided into 3 groups with six goats in each group. A basal diet was made according to NRC. metabolic energy level in different groups was 7.70 (70% of the basal diet)**,** 11.00 (the basal diet, control group) and 14.30 MJ/kg (130% of the basal diet). The pre-experimental period was from 91 to 100 d of pregnancy, and the experimental period was from 101 d of pregnancy to day 5 after delivery. The results showed as follows: 1) dietary metabolic energy of 14.30 MJ/kg could significantly increase average vale of estradiol (E2) concentration in plasma and ewes' body weight gain during later pregnancy, milk protein content on day 1 to 4 of post pregnancy and lambs' average daily gain of colostrum period (*P*＜0.05), while had no significant impacts on progesterone (P4) and prolactin (PRL) concentrations in plasma, milk fat percentage of colostrum （except day 4 after delivery） and lambs' birth weight （*P*＞0.05）. 2) Dietary metabolic energy of 7.70 MJ/kg could decrease average values of E2, P4 and PRL concentrations in plasma, ewes' body weight gain during later pregnancy, lambs' birth weight, colostrum yield (except day 5 after delivery), milk protein content of colostrum (except day 1 and 3 after delivery),

*Corresponding author, associate professor, E-mail:guotianlong831@163.com

（责任编辑 王智航）

lambs' average daily gain during colostrum period, but the effects were not significant（P＞0.05）, and could significantly decrease milk fat content of colostrum (except day 3 after delivery). Thus, dietary metabolic energy if 14.3MJ/kg is more suitable for ewes in later pregnancy; in order to deal with lack of forage, it is viable that restricted feeding using diet with 7.70 MJ/kg metabolic energy.

Key words: metabolic energy; later pregnancy; reproductive hormone; colostrum